



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

教育部“高等学校教学质量与教学改革工程”立项项目

曹庆华 主编

网络测试与故障诊断 实验教程 (第2版)

计算机科学与技术专业实践系列教材

清华大学出版社





普通高等教育“十一五”国家级规划教材

计算机科学与技术专业实践系列教材

教育部“高等学校教学质量与教学改革工程”立项项目

曹庆华 主编

曹庆华 洪飞 刘艳芳 张力军 编著

网络测试与故障诊断 实验教程 (第2版)

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

根据国家最新颁布的《基于以太网技术的局域网系统验收测评规范》,在第1版原有布线测试的基础上,依据国家局域网系统验收测评规范的有关要求,重点增加针对局域网系统基本性能指标,包括连通性、传输速率、吞吐率、丢包率、传输延迟、广播率、错误率、线路利用率等测试指标和测试方法,针对DHCP、DNS、Web、E-mail、文件服务等应用性能的指标和测试方法,以及局域网验收测评的基本方法等内容。因此,本书不仅对于高等院校开设网络测试方面课程具有重要参考价值,也可以作为从事局域网测试和验收测评工程师的参考书。

《网络测试与故障诊断实验教程》第2版将填补我国在网络测试实验教学,尤其结合新颁布的局域网验收测试标准方面的空白。随着教育部逐步开始在高等院校设置信息安全和网络工程专业,该教材具有很好的应用前景。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

网络测试与故障诊断实验教程/曹庆华主编. —2版. —北京:清华大学出版社,2011.6
(计算机科学与技术专业实践系列教材)

ISBN 978-7-302-24582-7

I. ①网… II. ①曹… III. ①计算机网络—测试—高等学校—教材 ②计算机网络—故障诊断—高等学校—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第010146号

责任编辑:张瑞庆 李玮琪

责任校对:李建庄

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62795954,jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015,zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:17.5

字 数:437千字

版 次:2011年6月第2版

印 次:2011年6月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:29.50元

产品编号:039179-01

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
计算机科学与技术专业实践系列教材

编 委 会

主 任：王志英

副 主 任：汤志忠

编 委 委 员：陈向群 樊晓桢 邝 坚

孙吉贵 吴 跃 张 莉

前言

随着 Internet 技术和网络业务的飞速发展,用户对网络资源的需求空前增长,网络也变得越来越复杂。不断增加的网络用户和网络应用导致网络负担沉重,网络设备超负荷运转,网络各种故障频繁发生,因此造成的直接或间接损失日益增加。所以,对网络运行各项指标进行提取、分析、评测,网络测试就显得越来越重要。发现网络瓶颈,优化网络配置,并进一步发现网络中可能存在的潜在危险,从而更加有效地进行网络性能管理,提供网络服务质量的验证和控制,对网络服务提供商的服务质量指标进行量化、比较、评测,是网络测试的主要目的。而建设先进的网络测试实验体系和实验教材,对于培养网络时代的高质量人才有着重要的意义。

2008 年 4 月 11 日,由全国信息技术标准化技术委员会牵头,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会组织了网络测试领域的相关企业联合编写的《基于以太网技术的局域网系统验收测评规范》于 2008 年 9 月 1 日起正式实施,标准中把局域网作为一个系统,提出了基于传输媒体、网络设备、局域网系统性能、网络应用性能、网络管理功能、运行环境要求等方面的验收测评整体解决方案,重点描述了网络系统和网络应用、网络管理功能的技术要求及测试方法,这将是实施网络工程进行验收测评的重要标准文件。

本书在前一版的基础上,总结了北京航空航天大学多年来本科生和研究生网络实验课的教学实践,重点增加了符合国家《基于以太网技术的局域网系统验收测评规范》相关标准的局域网系统验收测评实验,同时修订了原有的网络故障诊断案例。

本书作为高等院校计算机专业网络测试与故障诊断实验教材,内容分为线缆测试、网络测试、故障诊断、基于 NetFlow 的流量监测与分析、局域网系统验收测评实验五部分。在内容的安排上力求循序渐进,先通过基础的原理实验来加深对网络测试原理和技术的理解,进而逐步涉及难度较大的实际故障诊断案例分析和局域网系统验收测评实验。

本书第一部分是线缆测试(实验 1~实验 4),包括电缆和故障线的制作、布线测试、线缆传输测试和光缆测试。第二部分是网络测试(实验 5~实验 12),主要包括组网测试、链路层测试、以太网链路流量分析、IP 测试、VLAN 测试、网络管理、交换机端口流量测试和长期流量测试。第三部分是网络故障诊断案例分析(实验 13),包括端口扫描和病毒检测,第四部分是基于 NetFlow 的流量监测与分析实验(实验 14),介绍 NetFlow 和流的相关技术,以及网络审计、IP 流量计费、异常流量分析等,第五部分是局域网系统验收测评实验(实验 15),介绍了局域网验收测试的相关标准以及结合工程实践的验收测评实验。

全书共有 15 个实验,实验 1~实验 4、实验 15 主要由曹庆华老师编写,实验 5 由张力军老师编写,实验 6~实验 13 由洪飞博士编写,实验 14 由刘艳芳老师编写,Fluke 公司的周

华先生以及工程师吴健、刘丹利等参与了具体实验的设计。研究生杨文、赵元、郭建云、李国胜、连林江、王海省和丁楠等参加了具体的实验开发和部分编写工作。

由于编者水平所限，本书难免有不妥和错误之处，望专家和读者批评指正。

曹庆华

2011年4月

于北京航空航天大学

目 录

实验 1 水平电缆和故障线的制作	1
1.1 实验原理介绍	1
1.1.1 综合布线系统介绍	1
1.1.2 打线工具介绍	11
1.2 标准网线的制作	11
1.2.1 实验环境及分组	11
1.2.2 实验步骤	11
1.2.3 实验总结	12
1.3 实验电缆插座的制作	13
1.3.1 实验环境及分组	13
1.3.2 实验步骤	13
1.4 制作 UTP 故障 DEMO 盒	13
1.4.1 实验环境与分组	13
1.4.2 实验步骤	14
1.4.3 实验总结	15
实验 2 布线系统测试	16
2.1 布线系统测试基础	16
2.1.1 综合布线系统概述	16
2.1.2 综合布线系统的测试标准	19
2.1.3 布线系统故障分类	24
2.1.4 综合布线测试连接方式定义	25
2.1.5 现场测试	26
2.1.6 测试工具介绍	26
2.2 接线图测试	28
2.2.1 实验目的	28
2.2.2 实验内容	29
2.2.3 实验原理	29
2.2.4 实验环境与分组	31
2.2.5 接线图测试步骤	31
2.2.6 实验总结	31
2.3 线缆长度的测试	32
2.3.1 实验目的	32
2.3.2 实验内容	32
2.3.3 实验原理	32

2.3.4	实验环境和分组	33
2.3.5	实验步骤	33
2.3.6	实验总结	33
2.4	传输时延和时延偏离测试	33
2.4.1	实验目的	33
2.4.2	实验内容	33
2.4.3	实验原理	33
2.4.4	实验环境与分组	34
2.4.5	实验步骤	34
2.4.6	实验总结	34
2.5	衰减的测试	34
2.5.1	实验目的	34
2.5.2	实验内容	34
2.5.3	实验原理	35
2.5.4	实验环境与分组	35
2.5.5	实验步骤	35
2.5.6	实验总结	36
2.6	串扰的测试	36
2.6.1	实验目的	36
2.6.2	实验内容	36
2.6.3	实验原理	36
2.6.4	实验环境与分组	37
2.6.5	实验步骤	37
2.6.6	实验总结	38
2.7	综合近端串扰	38
2.7.1	实验目的	38
2.7.2	实验内容	38
2.7.3	实验原理	38
2.7.4	实验环境与分组	38
2.7.5	实验步骤	38
2.7.6	实验总结	38
实验 3	线缆传输测试	39
3.1	实验基础知识介绍	39
3.2	衰减串扰比	40
3.2.1	实验目的	40
3.2.2	实验内容	40
3.2.3	实验原理	40
3.2.4	实验环境与分组	41
3.2.5	实验步骤	41

3.2.6	实验总结	41
3.3	回波损耗	41
3.3.1	实验目的	41
3.3.2	实验内容	41
3.3.3	实验原理	41
3.3.4	实验环境与分组	42
3.3.5	实验步骤	42
3.3.6	实验总结	42
3.4	等效远端串扰和综合等效远端串扰	42
3.4.1	实验目的	42
3.4.2	实验内容	42
3.4.3	实验原理	42
3.4.4	实验环境和实验分组	43
3.4.5	实验步骤	43
3.4.6	实验总结	43
实验 4	光缆测试	44
4.1	光纤理论与光纤结构	44
4.1.1	光及其特性	44
4.1.2	光纤结构及种类	44
4.1.3	光纤的衰减	45
4.1.4	光纤的优点	45
4.2	光纤测试标准	46
4.2.1	标准参考	46
4.2.2	光缆测试参数和测试方法	46
4.3	光纤长度测试	48
4.3.1	实验目的	48
4.3.2	实验内容	48
4.3.3	实验环境和分组	48
4.3.4	实验步骤	48
4.3.5	实验总结	48
4.4	光纤损耗测试	48
4.4.1	实验目的	48
4.4.2	实验内容	49
4.4.3	实验环境和分组	49
4.4.4	实验步骤	49
4.4.5	实验总结	49
实验 5	组网实验	50
5.1	交换机简介及配置	50

5.1.1	交换机简介	50
5.1.2	交换机基本配置	51
5.2	路由器简介及配置	54
5.2.1	路由器简介	54
5.2.2	路由器基本配置	55
5.3	简单组网实验	57
5.3.1	实验目的	57
5.3.2	实验内容	57
5.3.3	实验环境及分组	57
5.3.4	实验组网图	57
5.3.5	实验步骤	57
5.3.6	实验总结	58
5.4	通过地址转换访问互联网	58
5.4.1	实验目的	58
5.4.2	实验内容	58
5.4.3	实验原理	58
5.4.4	实验环境及分组	59
5.4.5	实验组网图	59
5.4.6	实验步骤	59
5.4.7	实验总结	60
实验 6	链路层实验	61
6.1	实验基础知识介绍	61
6.2	自适应测试	62
6.2.1	实验目的	62
6.2.2	实验内容	62
6.2.3	实验原理	62
6.2.4	实验环境与分组及实验组网图	63
6.2.5	实验步骤	63
6.2.6	实验总结	64
6.3	电平测试	64
6.3.1	实验目的	64
6.3.2	实验内容	64
6.3.3	实验原理	65
6.3.4	实验环境与分组	65
6.3.5	实验步骤	65
6.3.6	实验总结	65
6.4	工作模式测试——半双工和全双工	65
6.4.1	实验目的	65
6.4.2	实验内容	65

6.4.3	实验原理	66
6.4.4	实验环境与分组	66
6.4.5	实验步骤	67
6.4.6	实验总结	68
实验 7	以太网数据链路层流量分析	69
7.1	实验基础知识介绍	69
7.2	帧流量分析	70
7.2.1	实验目的	70
7.2.2	实验内容	70
7.2.3	实验环境	70
7.2.4	实验步骤	70
7.2.5	实验总结	72
7.3	单播数据帧格式的分析	72
7.3.1	实验目的	72
7.3.2	实验内容	72
7.3.3	实验原理	72
7.3.4	实验环境与分组	73
7.3.5	实验步骤	73
7.3.6	实验总结	74
7.4	广播数据帧格式分析	74
7.4.1	实验目的	74
7.4.2	实验内容	74
7.4.3	实验原理	74
7.4.4	实验环境与分组	75
7.4.5	实验步骤	75
7.4.6	实验总结	75
7.5	错误帧的分析(长帧、错帧、FCS 错误)	75
7.5.1	实验目的	75
7.5.2	实验内容	75
7.5.3	实验环境与分组	76
7.5.4	实验步骤	76
7.5.5	实验总结	77
7.6	帧冲突	77
7.6.1	实验目的	77
7.6.2	实验内容	77
7.6.3	实验环境与分组	77
7.6.4	实验步骤	77
7.6.5	实验总结	78

实验 8 IP 测试	79
8.1 实验基础知识介绍	79
8.1.1 IP 地址的概念	79
8.1.2 IP 地址的编址方式	79
8.1.3 IP 子网掩码	79
8.1.4 ARP 的原理	80
8.1.5 Ping 程序的工作原理	81
8.1.6 Traceroute 程序的原理	81
8.2 设备搜索清单	82
8.2.1 实验目的	82
8.2.2 实验内容	82
8.2.3 实验环境与分组	82
8.2.4 实验步骤	82
8.2.5 实验总结	83
8.3 网络结构地址规划报告	84
8.3.1 实验目的	84
8.3.2 实验内容	84
8.3.3 实验环境与分组	85
8.3.4 实验步骤	85
8.3.5 实验总结	85
实验 9 VLAN 测试	86
9.1 实验基础知识介绍	86
9.2 VLAN 配置报告	87
9.2.1 实验目的	87
9.2.2 实验内容	87
9.2.3 实验原理	87
9.2.4 实验环境与分组	88
9.2.5 实验步骤	88
9.2.6 实验总结	88
实验 10 网络管理基本实验	90
10.1 实验原理和背景知识	90
10.1.1 网络管理的基本概念	90
10.1.2 SNMP 概述	91
10.1.3 SNMP 工作方式	92
10.1.4 SNMP 的协议数据单元	93
10.1.5 管理信息库	96
10.1.6 管理信息结构	97
10.1.7 RMON 管理	99

10.2	实验	101
10.2.1	实验环境及分组	101
10.2.2	实验组网	101
10.2.3	实验步骤	101
10.3	实验总结	107
实验 11	交换机端口流量测试	108
11.1	实验目的	108
11.2	实验内容	108
11.3	实验原理和背景知识	108
11.4	实验步骤	109
11.4.1	实验环境及分组	109
11.4.2	实验组网	109
11.4.3	实验步骤	109
11.4.4	实验总结	115
实验 12	交换机端口长期流量测试	116
12.1	实验目的	116
12.2	实验内容	116
12.3	实验原理和背景知识	116
12.3.1	Fluke Networks 公司的 OPV 软件概述	116
12.3.2	网络文档备案测试	117
12.4	实验步骤	118
12.4.1	实验环境及分组	118
12.4.2	实验组网	118
12.4.3	实验步骤	118
12.5	实验总结	127
实验 13	网络故障诊断案例实验	128
13.1	半双工与全双工通信	128
13.1.1	实验目的	128
13.1.2	实验内容	128
13.1.3	实验原理	128
13.1.4	实验环境	129
13.1.5	实验步骤	129
13.1.6	实验总结	132
13.2	路由环路	132
13.2.1	实验目的	132
13.2.2	实验内容	132
13.2.3	实验原理	132
13.2.4	实验环境	133

13.2.5	实验步骤	133
13.2.6	实验总结	137
13.3	端口扫描	137
13.3.1	实验目的	137
13.3.2	实验内容	137
13.3.3	实验原理	137
13.3.4	实验环境和分组	144
13.3.5	实验组网	144
13.3.6	实验步骤	145
13.3.7	实验总结	148
13.4	病毒防护与流量分析	148
13.4.1	实验目的	148
13.4.2	实验内容	148
13.4.3	实验原理	148
13.4.4	实验环境和分组	149
13.4.5	实验组网	149
13.4.6	实验步骤	149
13.4.7	实验总结	152
实验 14	NetFlow 网络流量监测与分析	153
14.1	NetFlow 技术及工具的介绍	153
14.1.1	“流”的定义及 NetFlow 的提出	153
14.1.2	NetFlow 数据报文的格式	154
14.1.3	NetFlow 工作原理	156
14.1.4	NetFlow 的应用	157
14.1.5	NetFlow Tracker 工具	158
14.2	网络审计	159
14.2.1	实验目的	159
14.2.2	实验内容	159
14.2.3	实验原理	160
14.2.4	实验环境	160
14.2.5	实验步骤	160
14.2.6	实验总结	168
14.3	网络病毒异常流量分析	168
14.3.1	实验目的	168
14.3.2	实验内容	168
14.3.3	实验原理	168
14.3.4	实验环境	170
14.3.5	实验步骤	171
14.3.6	实验总结	174

14.4	应用端口扫描分析	174
14.4.1	实验目的	174
14.4.2	实验内容	174
14.4.3	实验原理	174
14.4.4	实验环境	175
14.4.5	实验步骤	175
14.4.6	实验总结	178
实验 15	局域网测试实验	179
15.1	局域网测试简介	179
15.2	局域网系统性能测试	180
15.2.1	局域网系统连通性测试	180
15.2.2	链路传输率测试	182
15.2.3	网络吞吐率测试	186
15.2.4	传输时延测试	191
15.2.5	丢包率测试	194
15.2.6	以太网链路层健康状况测试	200
15.3	局域网系统应用性能测试实验	203
15.3.1	DHCP 服务性能测试	203
15.3.2	DNS 服务性能测试	209
15.3.3	Web 服务性能测试	213
15.3.4	E-Mail 应用服务性能测试	218
15.3.5	文件服务性能测试	224
15.4	局域网系统功能测试	229
15.4.1	IP 子网划分测试	229
15.4.2	VLAN 划分测试	232
15.4.3	DHCP 功能测试	237
15.4.4	NAT 功能测试	244
15.4.5	组播功能测试	249

实验 1 水平电缆和故障线的制作

实验内容

- ① 布线系统基本知识。
- ② 几种通信介质。
- ③ 打线基本方法介绍。
- ④ 制作水平电缆步骤。
- ⑤ 制作故障线步骤。

1.1 实验原理介绍

1.1.1 综合布线系统介绍

1. 概述

数据布线在经历了 20 年的发展历程后,在传统布线基础上,形成了结构化综合布线技术。综合布线是一种模块化的、灵活性极高的建筑物内或建筑群之间的信息传输通道。它既能使语音、数据、图像设备、交换设备与其他信息管理系统彼此相连,也能使这些设备与外部相连接。它还包括建筑物外部网络或电信线路的连接点与应用系统设备之间的所有线缆及相关的连接部件。综合布线由不同系列和规格的部件组成,其中包括:传输介质、相关连接硬件(如配线架、连接器、插座、插头、适配器)以及电气保护设备等。这些部件可用来构建各种子系统,它们都有各自的具体用途,不仅易于实施,而且能随需求的变化而平稳升级。

综合布线系统是一种预布线系统,能够适应较长一段时间的需求。一般一个综合布线系统的设计使用年限是 15 年左右。

本章将先就综合布线系统中用到的物理介质(电缆)和它们的连接方式进行介绍。

2. 通信介质的类型

当前数据网络主要使用 4 种类型的通信介质(电缆):非屏蔽双绞线(UTP)、屏蔽或网屏双绞线(STP 或 ScTP)、同轴电缆和光纤(FO)。区分骨干电缆和水平电缆是很重要的。骨干电缆连接网络设备,比如服务器、交换机、路由器,还连接设备间和通信间。水平电缆连接通信间与墙壁插座。对于新建布线系统来说,骨干电缆通常使用多芯电缆,水平电缆主要使用 UTP。

1) 双绞线

双绞线(Twisted Pair, TP)是综合布线工程中最常用的一种传输介质。双绞线由两根具有绝缘保护层的铜导线组成,是目前最经济、使用最广泛的电缆。双绞线不仅比其他介质便宜,而且安装也更简单,需要使用的工具也不是很昂贵。把两根绝缘的铜导线按一定密度互相绞在一起,可降低信号干扰的程度,每一根导线在传输中辐射的电波会被另一根线上辐射的电波抵消。双绞线一般由两根 22~26 号绝缘铜导线相互缠绕而成。把一对或多对双

绞线放在一个绝缘套管中便形成了双绞线电缆。在双绞线电缆(也称双扭线电缆)内,不同线对具有不同的扭绞长度,一般来说,扭绞长度在 14~38.1cm,按逆时针方向扭绞,相邻线对的扭绞长度在 12.7cm 以上。与其他传输介质相比,双绞线在传输距离、信道宽度和数据传输速度等方面均受到一定限制,但价格较为低廉。目前,双绞线可分为非屏蔽双绞线(Unshielded Twisted Pair,UTP)和屏蔽双绞线(Shielded Twisted Pair,STP)。ScTP 是 STP 的一种变体。

虽然双绞线主要是用来传输模拟声音信息的,但同样适用于数字信号的传输,特别适用于较短距离的信息传输。在传输期间,信号的衰减比较大,并且产生波形畸变。采用双绞线的局域网的带宽取决于所用导线的质量、长度及传输技术。只要精心选择和安装双绞线,就可以在有限距离内达到每秒几百万位的可靠传输率。当距离很短并且采用特殊的电子传输技术时,传输速率可达 100~155Mbps。由于利用双绞线传输信息时要向周围辐射,信息很容易被窃听,因此要花费额外的代价加以屏蔽。屏蔽双绞线电缆的外层由铝箔包裹,以减小辐射,但并不能完全消除辐射。屏蔽双绞线价格相对较高,安装时要比非屏蔽双绞线电缆困难。它类似于同轴电缆,必须配有支持屏蔽功能的特殊连接器和相应的安装技术,但它有较高的传输速率,100 米内的速率可达到 155Mbps。

双绞线分为屏蔽双绞线与非屏蔽双绞线两大类。在这两大类中又分 100Ω 电缆、双体电缆、大对数电缆、150Ω 屏蔽电缆。具体型号有多种,如图 1-1 所示,图中 AWG 为美国线缆规格。

(1) 非屏蔽双绞线(UTP)。非屏蔽双绞线如图 1-2 所示,它很早就用于电话系统,但用于局域网是在 20 世纪 80 年代末期,随着 10Base-T 标准的出现而开始的。UTP 的性价比很高,易于安装,而且它的带宽在不断提高。

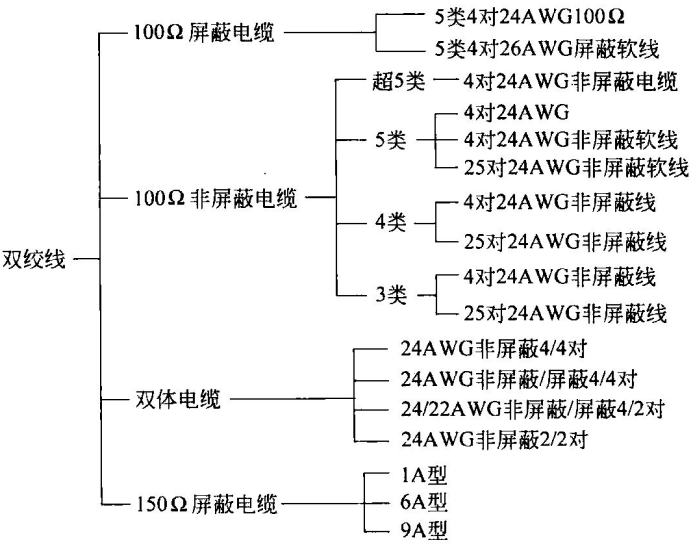


图 1-1 双绞线的分类

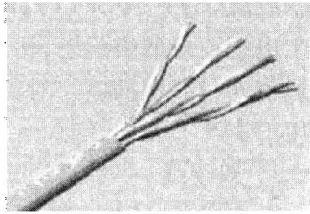


图 1-2 非屏蔽双绞线

UTP 布线似乎只能达到双绞线电缆的最低性能,它流行的主要原因是便宜和易于安装。每当工程师们开发出新一代的 UTP 电缆时,他们总是认为已经达到了 UTP 电缆的极限,然而电缆厂商在继续发展它的能力。在开发 10Base-T 和之前的一些专有 UTP 以太网